

БУРОВИЙ РОЗЧИН ДЛЯ ЯКІСНОГО РОЗКРИТТЯ ПРОДУКТИВНИХ ГОРИЗОНТІВ

О.С.Бейзик, М.І.Оринчак

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42153
e-mail: drill@nung.edu.ua

Для якісного розкриття продуктивних горизонтів з низькими пластовими тисками і проникністю рекомендується безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин. Складовими компонентами цього розчину є концентрований водний розчин екструзивного крохмалю, хлористий калій, гідроксид калію і вода. Головною особливістю цього розчину є відсутність глинистої фази, великі інгібуючі властивості, низька фільтрація, що дає змогу звести до мінімуму кольматацию продуктивного горизонту і одночасно зберегти його первинну проникність.

Для качественного вскрытия продуктивных горизонтов с низкими пластовым давлением и проницаемостью рекомендуется безглинистый крахмально-калиевый буровой раствор. Составляющими компонентами этого раствора являются концентрированный водный раствор экструзивного крахмала, хлористый калий, гидроксид калия и вода. Отличительной особенностью этого раствора является отсутствие глинистой фазы, большие ингибирующие свойства, низкая фильтрация, что позволяет свести к минимуму кольматацию продуктивного горизонта и одновременно сохранить его первоначальную проницаемость.

The non-clay starch-potassium drilling solution is recommended to qualitatively open the productive horizons with low reservoir pressure and permeability. This solution consists of the concentrated water solution of extrusive starch, potassium chloride, potassium hydroxide and water. The key properties of the recommended solution are the absence of clay, low filtration and high inhibitive capacity, which provides the minimal colmatation and preserves the original permeability of the productive horizons.

Більшість продуктивних горизонтів нафтових родовищ України мають невеликі пластові тиски, низьку проникність та великий вміст материнських глин. Якісне розкриття таких горизонтів є дуже важливим і одночасно складним завданням, однозначного рішення якого на сьогодні не існує.

На сьогодні для розкриття продуктивних горизонтів використовують інгібуючі або мінералізовані розчини. Найбільш розповсюдженим серед інгібуючих розчинів є хлоркалієвий розчин, а серед мінералізованих – стабілізований соленасичений [1]. Як перший, так і другий розчини не забезпечують якісного розкриття через кольматацию продуктивних горизонтів глинистою фазою, яка є у бурових розчинах. Окрім цього обидва розчини мають велике значення показника рН, під дією якого материнські глини набухають, знижуючи вже до цього незначну проникність колекторів.

В останні роки для вирішення цієї проблеми рекомендують безглинистий гуматно-біополімерний розчин [2], в якому як структуроутворювач застосовують дорогі американські біополімерні реагенти дуовіз, фловіз та інші. Відсутність глинистої фази у цьому розчині покращує якість розкриття продуктивних горизонтів, але вуглелужний реагент і велике рН призводять до набухання материнських глин.

Метою цієї статті є розроблення шляхів покращення якості розкриття продуктивних горизонтів з низькою проникністю та незначними пластовими тисками при одночасному зменшенні вартості розчину.

Поставленої мети досягнуто заміною дорогих імпортованих структуроутворювачів на основі

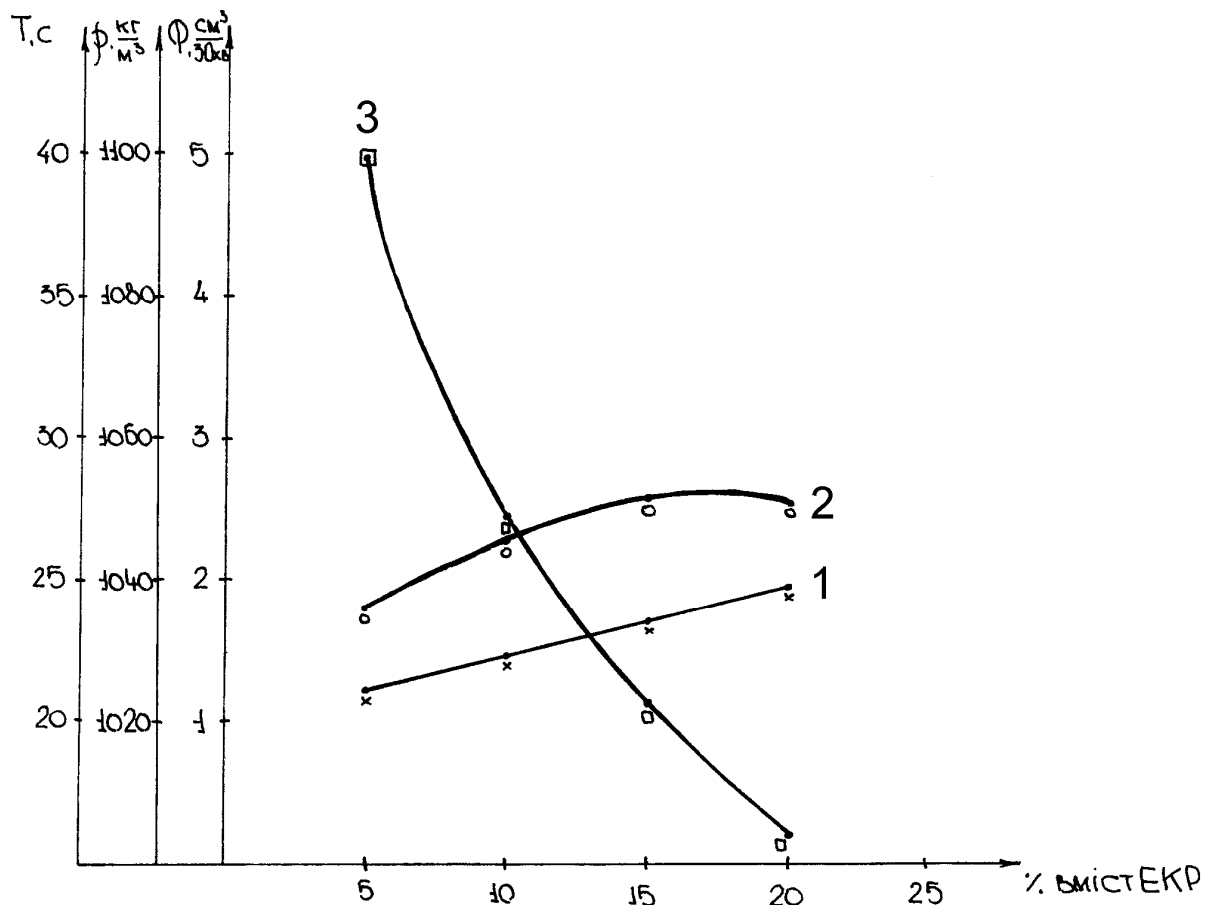
ксантанової смоли комбінацією концентрованого водного розчину екструзивного крохмалю (ЕКР) з технічним хлористим калієм. Завдяки такій комбінації компонентів утворюється структура розчину з одночасним збільшенням його інгібуючих та зниженням фільтраційних і лужних властивостей.

Щоб не допустити збільшення рН, клейстеризацию ЕКР доцільно проводити гарячою водою при $t \approx 80^\circ\text{C}$ або застосовувати водорозчинні модифікації крохмалю.

На нашу думку, структура у розчині утворюється внаслідок дії двох факторів. В результаті клейстеризації ЕКР виникають поверхневі сили, які взаємодіють з іонами калію. Другим фактором є взаємодія іонів кальцію з метильною групою крохмалю. Вміст іонів кальцію в технічному хлористому калію, визначений комплексонометричним способом, не перевищує 0,1%. Під дією цих факторів утворюється просторова решітка між макромолекулами крохмалю, яка сприяє збільшенню статичного напруження зсуву.

Хлористий калій порівняно з іншими інгібіторами володіє найкращими інгібуючими властивостями тому, що іони калію мають маленькі розміри – 2,34 Å, глибоко проникають у кристалічну решітку глини і зменшують їх набухання. Оптимальна домішка залежить від типу материнських глин у продуктивному горизонті і коливається в межах 1-10% [3]. Мінімальна доза рекомендується для глин, в яких переважають мінерали іліт, каолінит, а максимальна – в яких переважає монтморилоніт.

Фільтраційні властивості розчину регулюють зміною концентрації ЕКР в суспензії у рів-



1 – густина; 2 – умовна в'язкість; 3 – фільтрація

Рисунок 1 – Вплив концентрації ЕКР на основні параметри крохмальної суспензії

них процентних домішках. З метою досягнення мінімального значення фільтрації проектного розчину у лабораторних умовах визначали основні параметри крохмальної суспензії з різною концентрацією ЕКР (рис. 1). Як видно із рисунка, фільтрація суспензії дорівнює нулю за концентрації ЕКР у суспензії 20 і більше відсотків. Статичне напруження зсуву крохмальної суспензії 20% концентрації дорівнює нулю (на рисунку не вказано), умовна в'язкість – 28 с, густина – 1040 кг/м³.

Отже, 20% концентрація ЕКР у воді була взята за основу для подальших досліджень. Отриману суспензію розводили водою, одночасно контролюючи її параметри. При досягненні співвідношення між ними 0,9-1,1, фільтрація суспензії зросла до 2 см³/30 хв., умовна в'язкість і густина зменшились відповідно до 27 с та 1035 кг/м³. Статичне напруження зсуву не змінилось. Для покращання структурних та інгібуючих властивостей у отриману суспензію вводили 2, 4, 6, 10, 12% технічної солі хлористого калію. Результати зміни параметрів отриманого розчину зображені на рисунку 2. Як видно із цього рисунка, зі збільшенням концентрації хлористого калію змінюються густина, умовна в'язкість та фільтрація. Статичне напруження зсуву починає зростати тільки після досягнення концентрації хлористого калію у розчині понад 2%. Умовна в'язкість зростає

незначно. Спостерігається збільшення густини бурового розчину, що може слугувати одним зі способів обважнення безглинистого крохмально-калієвого розчину.

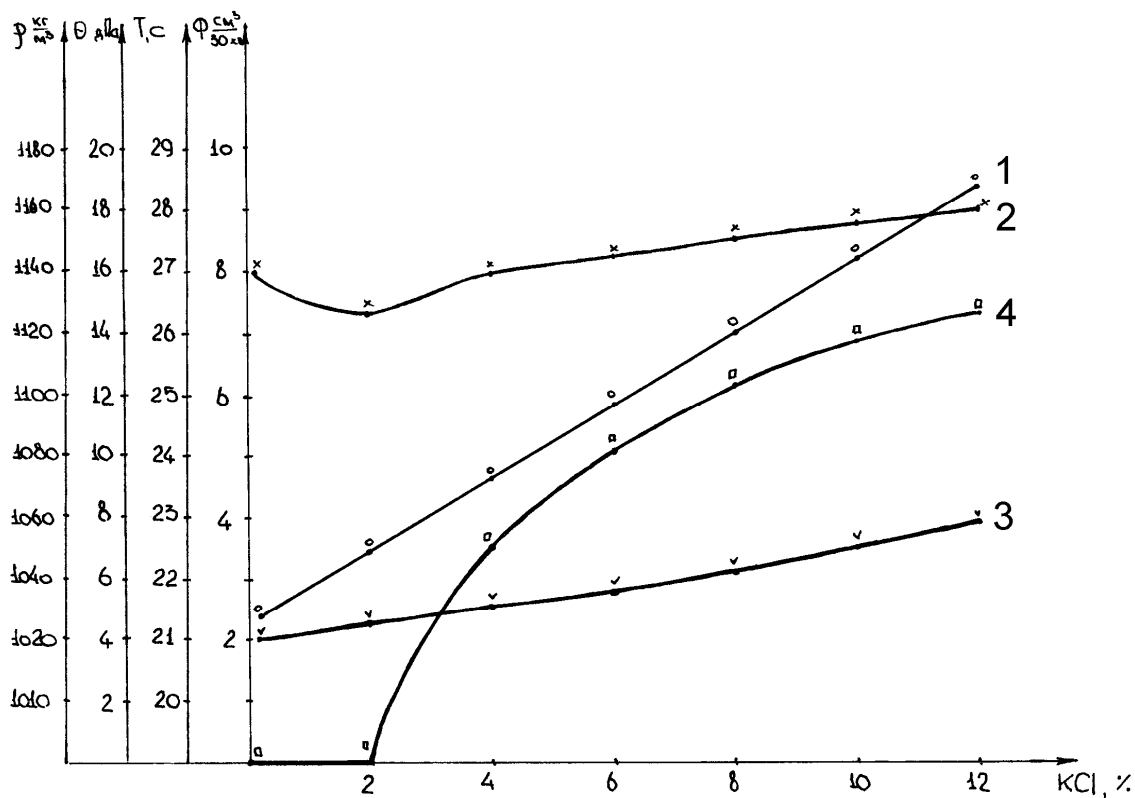
Сили просторового зв'язку між молекулами крохмалю невеликі. Підтвердженням такої думки може слугувати те, що зі збільшенням швидкості течії розчину в'язкість його зменшується, і навпаки – зі зменшенням швидкості течії в'язкість зростає, тобто розчин володіє псевдопластичною в'язкістю. Оцінку величини псевдопластичних властивостей розчину проводили за методикою В. Крилова [4, 5] визначенням реологічного критерію (K_p) за формулою

$$K_p = \frac{\tau_o}{\eta_{nl}}; \quad (1)$$

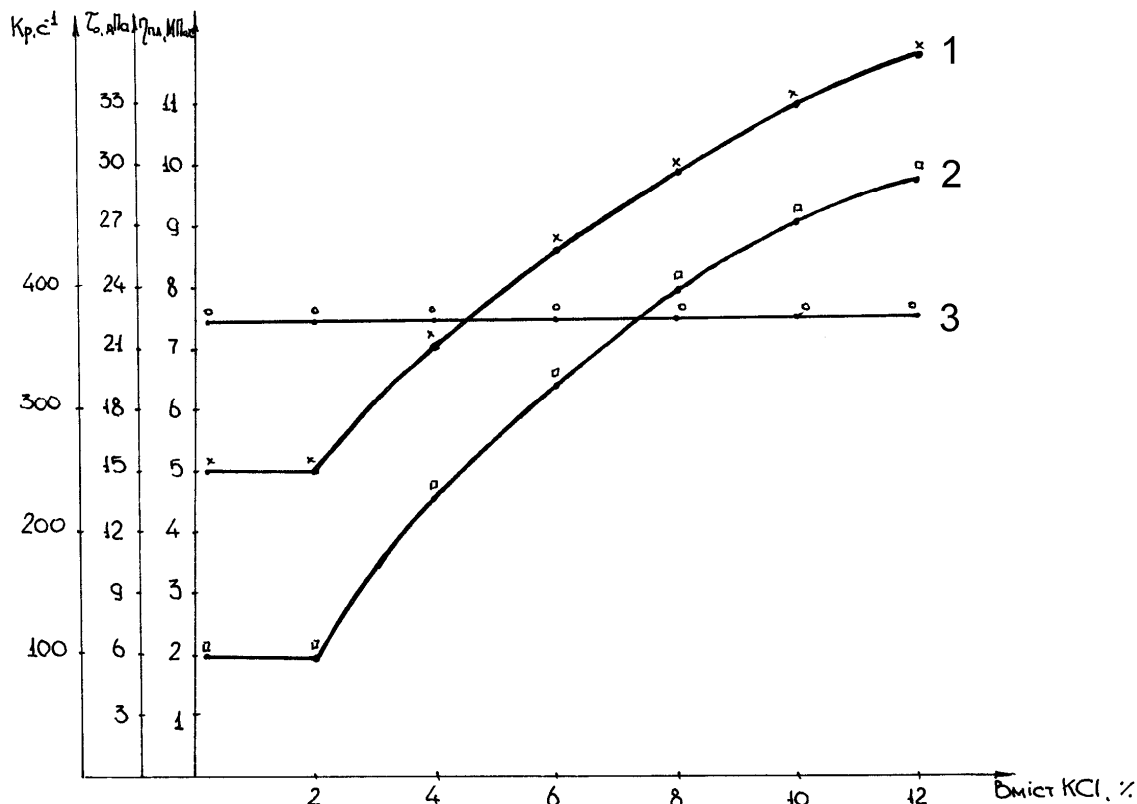
де: τ_o – динамічне напруження зсуву, Па;
 η_{nl} – пластична в'язкість, Па·с.

За методикою, якщо K_p коливається в межах 150-400 с⁻¹, то такий розчин володіє псевдопластичною в'язкістю. У нашому випадку для рекомендованої рецептури безглинистого крохмально-калієвого розчину $K_p=200-400$ с⁻¹ (рис. 3).

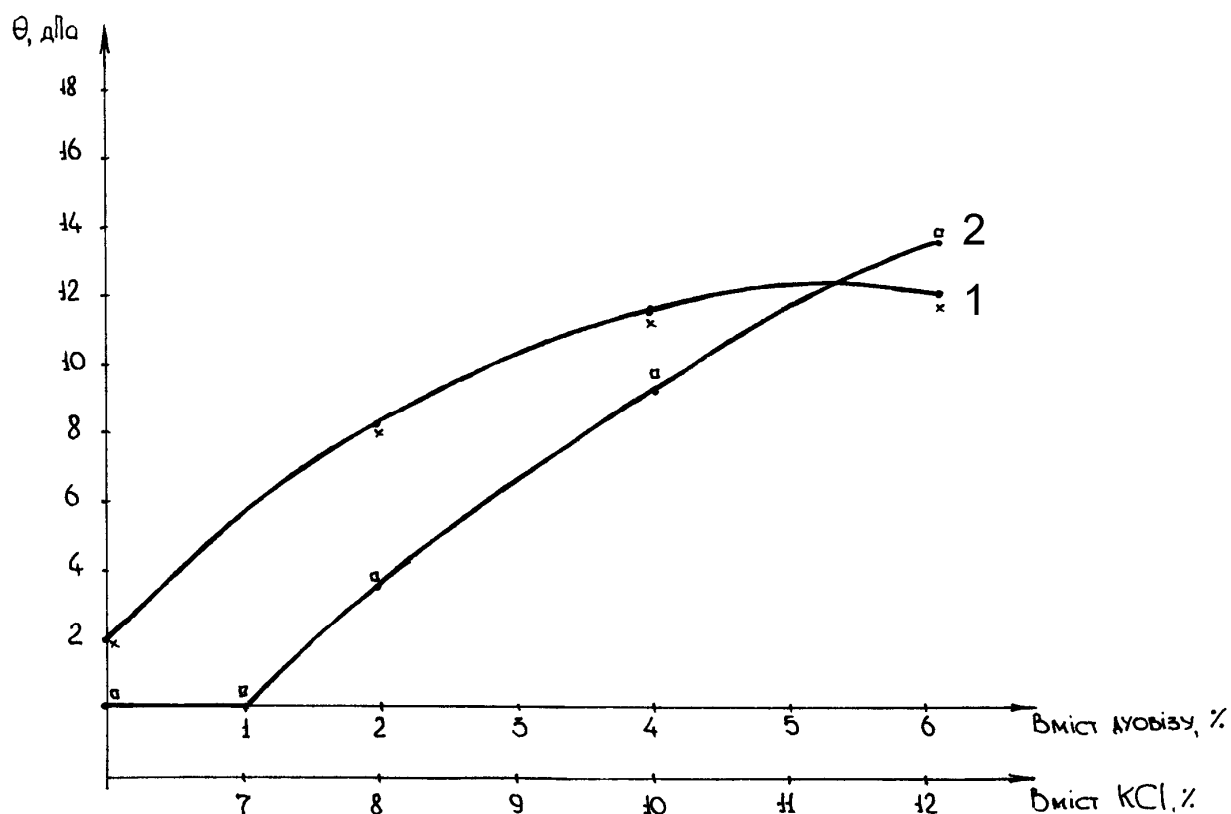
Вплив дуовізу і хлористого калію на структурні властивості безглинистого крохмально-калієвого розчину наведено на рис. 4. Як видно



1 – густина; 2 – умовна в'язкість; 3 – фільтрація; 4 – статичне напруження зсуву
 Рисунок 2 – Вплив концентрації хлористого калію на основні параметри безглинистого крохмально-калієвого бурового розчину

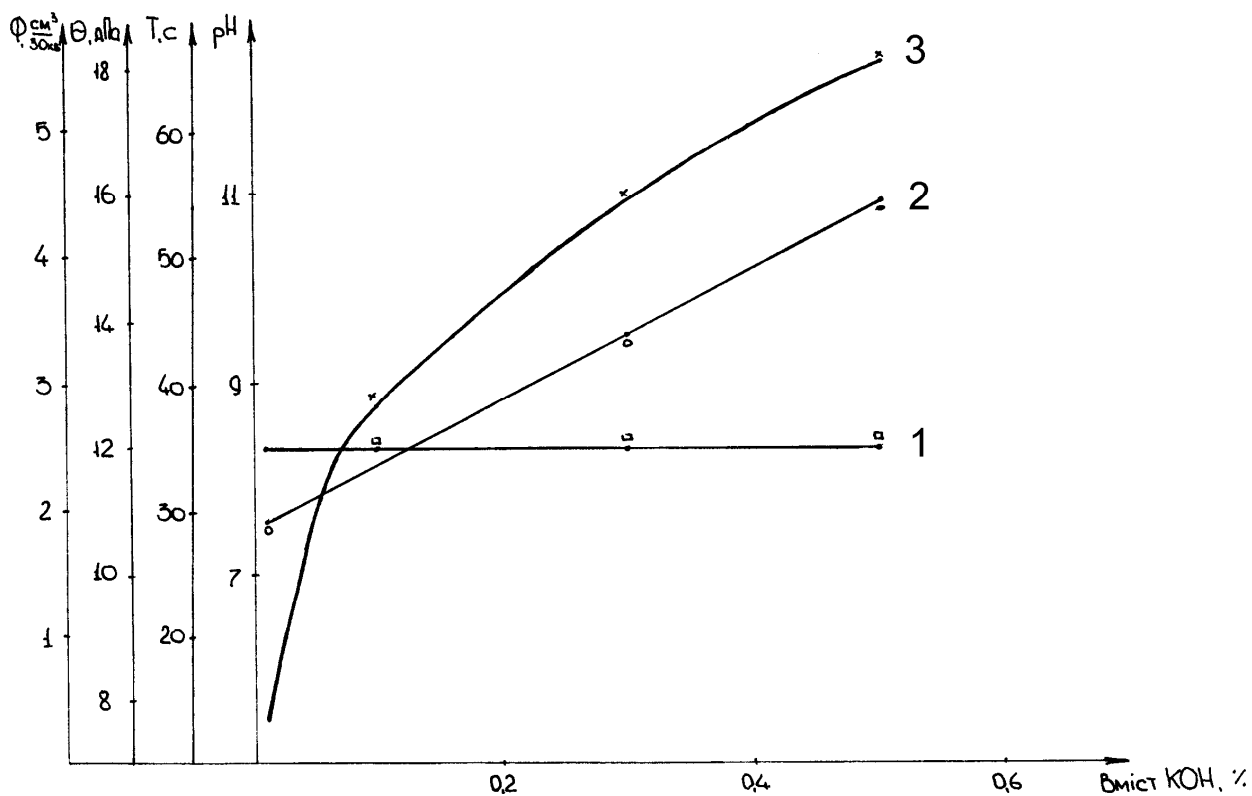


1 – динамічне напруження зсуву; 2 – реологічний критерій; 3 – пластична в'язкість
 Рисунок 3 – Зміна реологічних параметрів залежно від концентрації KCl у безглинистому крохмально-калієвому буровому розчині



1 – вплив дувізу; 2 – вплив хлористого калію

Рисунок 4 – Вплив концентрації дувізу та KCl на θ_1 безглинистого крохмального розчину



1 – фільтрація; 2 – умовна в'язкість; 3 – статичне напруження зсуву

Рисунок 5 – Вплив концентрації KOH на зміну основних параметрів безглинистого крохмального розчину (вміст KCl = 4%)

з цього рисунка, дуовіз дещо інтенсивніше збільшує статичне напруження зсуву, ніж технічний хлористий калій. Але, якщо врахувати, що вартість реагентів-структуроутворювачів на основі ксантанової смоли в десятки разів вища, ніж технічного хлористого калію та крохмалю, то стає очевидною перевага на користь комбінованого структуроутворювача, який утворюється при взаємодії хлористого калію з концентрованим водним розчином ЕКР.

Структурні властивості розчину можна також збільшити шляхом введення в нього гідроксиду калію (рис. 5). Зі збільшенням концентрації КОН з 0,1% до 0,5% статичне напруження зсуву зросло в 1,4 рази, а умовна в'язкість в 1,5 рази. Враховуючи, що до складу материнських глин продуктивних горизонтів більшості нафтових та газоконденсатних родовищ нашої країни входять іліт, каолінит, гідрослюди, палигорскіт, монтморилоніт та інші, вирішено обмежити вміст хлористого калію від 4% до 7%. Така концентрація хлористого калію забезпечує мінімальне значення набухання материнських глин у продуктивних пластах.

Отже, на основі лабораторних досліджень та додаткових літературних даних рекомендується для якісного розкриття продуктивних горизонтів з невеликим пластивим тиском та низькою проникністю безглинистий крохмально-калієвий буровий розчин з наступною рецептурою:

вода – 82-87%;
 ЕКР – 9-11%;
 КСІ – 4-7%.

Після приготування параметри безглинистого крохмально-калієвого розчину коливаються в межах:

$\rho=1070-1120 \text{ кг/м}^3$; $T=27-28 \text{ с}$; $\theta_1=7-12 \text{ дПа}$,
 $\theta_{10}=10-15 \text{ дПа}$, $\Phi_{30}=2,0-2,5 \text{ см}^3/30 \text{ хв}$.

Параметри розчину у процесі буріння рекомендується регулювати наступним способом:

- зменшувати фільтрацію домішкою 40% водного розчину ЕКР;
- збільшувати статичне напруження зсуву домішкою комбінації 20% водного розчину ЕКР та КСІ;
- збільшувати густину та вміст іонів K^+ домішкою КСІ;
- зменшувати умовну в'язкість і статичне напруження зсуву 1-2% водним розчином ЕКР.

Для покращання виносної здатності, наприклад, у процесі буріння горизонтальних свердловин, у розчин можна вводити до 0,5% мас. гідроксиду калію.

Отже, головною особливістю безглинистого крохмально-калієвого розчину є низька фільтрація, відсутність глинистої фази, великі інгібуючі властивості та низьке рН. Такі властивості розчину, на нашу думку, повинні звести до мінімуму кольматацию продуктивного горизонту і одночасно зберігати його первинну проникність.

Для перевірки цієї тези на установці УПК-1М під тиском 4 МПа заповнювали природний керн безглинистим крохмально-каліє-

вим розчином з вмістом хлориду калію 4%. Після зачищення торців керну на 3,2 мм коефіцієнт відновлення проникності коливався в межах 95-98%.

Література

- 1 Булатов А.И. Справочник по промывке скважин [Текст] / А.И. Булатов, А.И. Пеньков, Ю.М. Проселков – М.: Недра, 1985. – 187 с.
- 2 Пат.5148 Україна, МПК С09К7/02 Біополімерний буровий розчин [Текст] / Кустурова О.В., Васильченко А.О., Гордійчук М.В., Кушнар'єв В.А.; заявл.12.07.04 ; опубл. 15.02.05., Бюл.№2 – 3 с.
- 3 Грей Дж. Р. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей) [Текст] : [пер. с англ. Д.Е. Столярова] / Дж. Р. Грей, Г.С.Г. Дарли – М.: Недра. – 1985. – 510 с.
- 4 Крылов В.И. Особенности технологии промывки горизонтальных скважин [Текст] / В.И. Крылов, В.В. Крецул // Нефтяное хозяйство, 2001, №6 – 41 – с.36-40.
- 5 Крылов В.И. Особенности технологии промывки горизонтальных скважин [Текст] / В.И. Крылов, В.В. Крецул // Нефтяное хозяйство, 2001, №7 – 42 – с.20-24.

Стаття поступила в редакційну колегію
 3.02.09

Рекомендована до друку професором
 Мислюком М.А.